

чественная оценка неоднородного поля деформаций, растягивающих вдоль линии нагружения, сжимающих поперек линии нагружения и сдвиговых, что обусловлено неоднородной структурой картона. Показано преобладание растягивающих деформаций, при этом наибольшую неоднородность имеют поперечные деформации.

Работа выполнена на оборудовании ИТЦ «Современные технологии переработки биоресурсов Севера» (Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова) при финансовой поддержке Минобрнауки России.

## Список литературы

1. Смолин А.С., Аксельрод Г.З. Технология формования бумаги и картона. М.: Лесн. пром-сть, 1984. 121 с.
2. Казаков Я.В., Зеленова С.В., Комаров В.И. Влияние неоднородности структуры на характеристики жесткости картонов-лайнеров // Лесн. журн., 2007. № 3. С.110–121. (Изв. высш. учеб. заведений)
3. Казаков Я.В. Количественная оценка неоднородности деформирования образца бумаги при одноосном растяжении с постоянной скоростью // Лесн. журн., 2013. №2. С.180–185. (Изв. высш. учеб. заведений)
4. Комаров В.И. Деформация и разрушение волокнистых целлюлозно-бумажных материалов / –Архангельск, Изд-во АГТУ, 2002. 440 с.
5. Казаков Я.В. Характеристики деформативности как основополагающий критерий в оценке качества целлюлозно-бумажных материалов: дисс. ... д-ра техн. наук: 05.21.03 / Казаков Яков Владимирович. Архангельск: 2015. 534 с.
6. Свид. № 2014617014. Российская Федерация. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Программа для анализа полей локальных деформаций и напряжений в образцах бумаги при растяжении (Неоднородность деформирования) / Я.В. Казаков, О.Я. Казакова, А.В. Рудалев: заявитель и правообладатель ФГАОУ ВПО САФУ (RU). № 2014614773; заявл. 22.05.2014; опубл. 09.07.2014, Реестр программ для ЭВМ. 1 с.

---

УДК 676.08

## ИССЛЕДОВАНИЯ СТРУКТУРЫ СКОПА ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ С ЦЕЛЬЮ ПОСЛЕДУЮЩЕЙ РЕКУПЕРАЦИИ

**Кашина Мария Олеговна,**  
инженер, Группа предприятий «Пермская целлюлозно-бумажная компания»,  
г. Пермь, E-mail: [Mariya.Kashina@pcbк.perm.ru](mailto:Mariya.Kashina@pcbк.perm.ru)

**Житнюк Виталий Анатольевич,**  
кандидат технических наук, главный технолог,  
Группа предприятий «Пермская целлюлозно-бумажная компания»,  
г. Пермь, E-mail: [Vitaly.Zhitnyuk@pcbк.ru](mailto:Vitaly.Zhitnyuk@pcbк.ru)

**Идиатуллин Анвар Мугинович,**  
кандидат технических наук,  
директор, ООО «Технобум-2», Московская область, п. Правдинский,  
E-mail: [amidiatullin@gmail.com](mailto:amidiatullin@gmail.com)

**Белкина Екатерина Васильевна,**  
заведующая лабораторией, Группа предприятий «Пермская целлюлозно-бумажная компания», г. Пермь, E-mail: [Ekaterina.Belkina@pcbк.perm.ru](mailto:Ekaterina.Belkina@pcbк.perm.ru)

**Ключевые слова:** скоп, волокно, макулатура, композиция.

**Аннотация.** В данной работе проведен анализ структуры скопа с очистных сооружений ПЦБК в сравнении с макулатурным волокном. Исследована возможность применения скопа в композиции картона. В ходе проведенных работ установлено, что в скопе содержится большая доля средних и крупных частиц, схожих по размеру и составу с макулатурным волокном, которые необходимо возвращать в производственный цикл.

## THE STUDY OF THE STRUCTURE OF WASTE TREATMENT FACILITIES FOR SUBSEQUENT RECOVERY

**Kashina Maria Olegovna,**  
engineer, Perm Pulp and Paper Company,  
Perm, E-mail: [Mariya.Kashina@pcbк.perm.ru](mailto:Mariya.Kashina@pcbк.perm.ru)

**Gitnik Vitaly Anatolievich,**  
Ph.D. of Engineering Sciences, chief technologist,  
Perm Pulp and Paper Company, Perm, E-mail: [Vitaly.Zhitnyuk@pcbк.ru](mailto:Vitaly.Zhitnyuk@pcbк.ru)

**Idiatullin Anwar Muginovich,**  
Ph.D. of Engineering Sciences, Director, LLC «Technobum-2»,  
Moscow region, Pravdinskiy, E-mail: [amidiatullin@gmail.com](mailto:amidiatullin@gmail.com)

**Belkina Ekaterina Vasilievna,**  
head of laboratory, Perm Pulp and Paper Company,  
Perm, E-mail: : [Ekaterina.Belkina@pcbк.perm.ru](mailto:Ekaterina.Belkina@pcbк.perm.ru)

**Key words:** waste product, fiber, wastepaper, composition.

**Abstract.** The article presents a Structural analysis of waste treatment facilities and a comparison with waste paper in PCBK group of enterprises. The possibility of the use of waste in the composition of cardboard is investigated. During the carried-out works it is established, the waste contains a large proportion of medium and large particles, similar in size and composition to waste paper, which must be returned to the production cycle.

Сточные воды с высоким содержанием волокна и крахмала, образующиеся в результате формирования бумажного полотна и промывки технологического оборудования, отводятся на очистные сооружения предприятия [1]. На первой стадии очистки стоки подвергаются механическому отстаиванию, в результате чего из потока выделяется основная часть ушедшего с подсеточными и промывными водами волокна [2].

Образующийся в процессе отстаивания осадок представляет собой смесь волокна порядка 90% и минеральных примесей около 10%. Влажность скопа составляет порядка 80% [3].

В связи с большими объемами образования скопа (до 30 т.а.с.в. в сутки), являющегося ценным сырьевым ресурсом, актуальной является разработка технологических решений, позволяющих использовать образующийся отход в качестве вторичного сырьевого ресурса.

С целью оценки возможности использования ресурсного потенциала скопа, были выполнены исследования его структурного состава. Для визуализации структуры волокнистых и неволокнистых элементов скопа на электронном микроскопе компании «BIOVET-FERMENT» сделаны фотографии с увеличением в 1000 и 5000 раз (рис.1.2).

На фото видно, что скоп состоит преимущественно из разрушенных волокон, которые в свою очередь состоят из фибрилл диаметром около 0,3 мкм. Видны темные овальные включения неволокнистого характера размером около 12 мкм. Видны светлые включения кристаллического характера размером от 0,5мкм до 1-3 мкм, - вероятно, частицы наполнителя. Видны участки неволокнистого губчатого характера, крупные структурные элементы, похожие на сосуды.

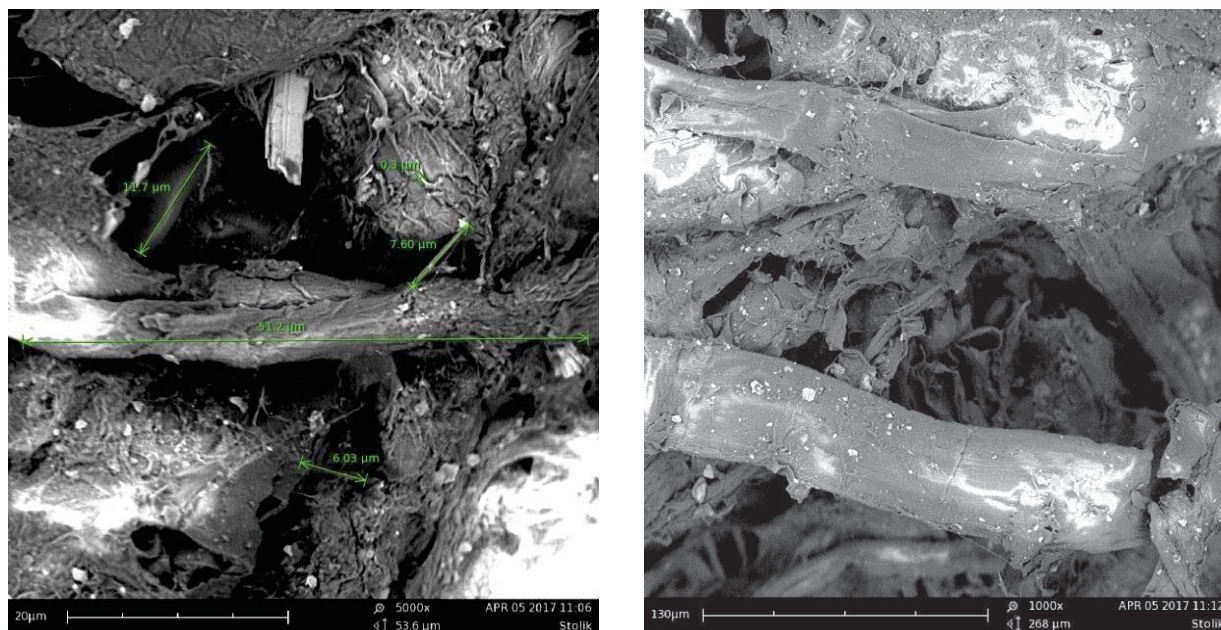


Рис. 1, 2. Фрагменты скопа

В целом, на всех изображениях скоп состоит из разрушенных волокон, где разрушена и фибриллярная структура крупного волокна. Видны отслоившиеся стенки волокна и разрушенная упаковка фибрилл. К стенке волокон примыкают губчатые элементы, предположительно – лигнин [1].

Для возможности сравнения скопа с производственным полуфабрикатом ГП «ПЦБК» были сделаны фотографии макулатурной массы (рис. 3,4).

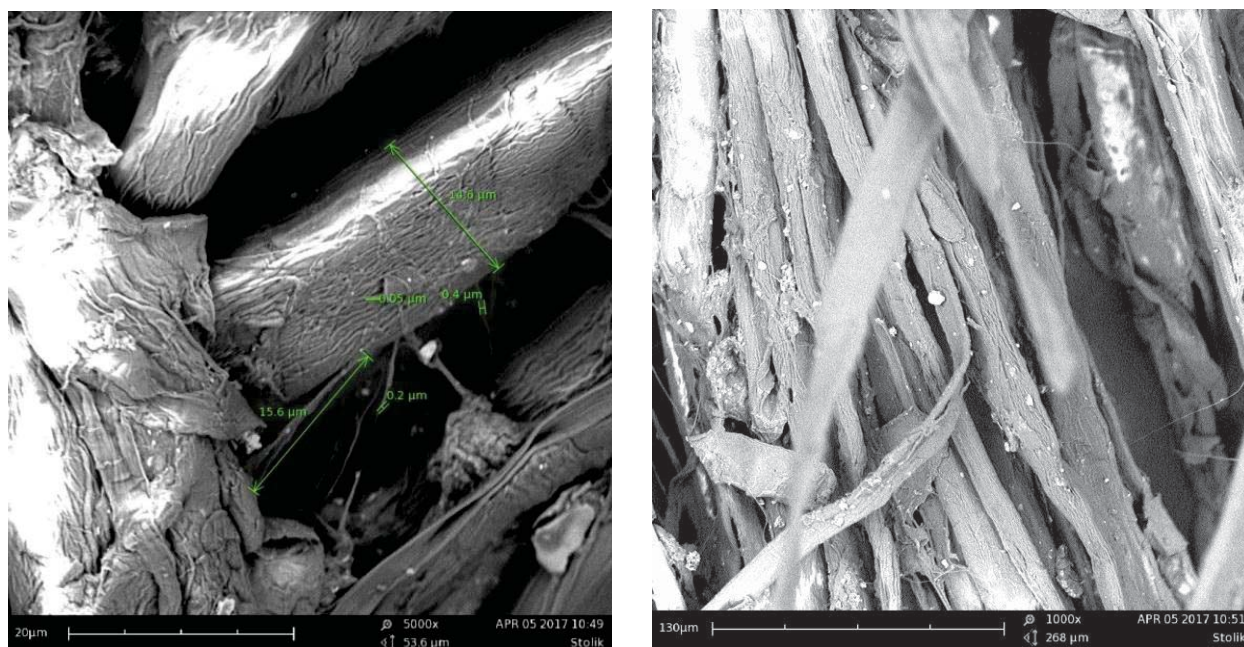


Рис. 3, 4. Макулатурная масса. Увеличение 5000х.

Из фотографий видно, что толщина волокон разная примерно от 10-17 мкм до 28 мкм и более. Присутствуют более мелкие ленточные элементы и фрагменты волокон. Стенки во-



локон разрушены, видна внутренняя структура волокон, которые состоят из множества фибрилл диаметром примерно 0,2-0,4 мкм. Присутствует губчатый элемент размером 5-8 мкм, похожий на лигнин. Кроме того, заметны неволоконистые включения (наполнитель, клей) размером примерно от 0,3 мкм до 7 мкм.

С целью более подробного изучения структуры скопа проведен анализ размера частиц скопа и макулатурной массы ГП «ПЦБК» на высокоточном лазерном приборе - анализаторе размера частиц “Analyzette 22” (Франция), который оценивает распределение частиц в суспензии в диапазоне размеров от 0,040 мкм до 2000 мкм. Метод основан на светорассеянии [4]. Исследования проведены для понимания состава скопа ГП «ПЦБК» и его отличий от состава стандартной макулатурной массы.

Результаты представлены в графических кривых распределения частиц (дифференциальной и интегральной). По оси абсцисс – размер частиц в мкм, по оси ординат – доля частиц соответствующего размера.

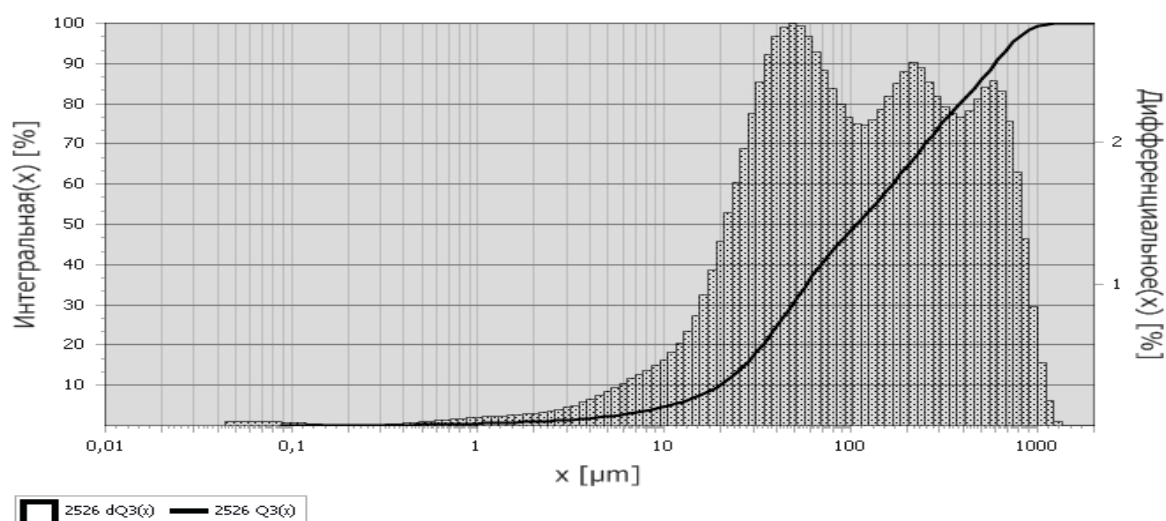


Рис.5. Волокна макулатуры. Распределение частиц

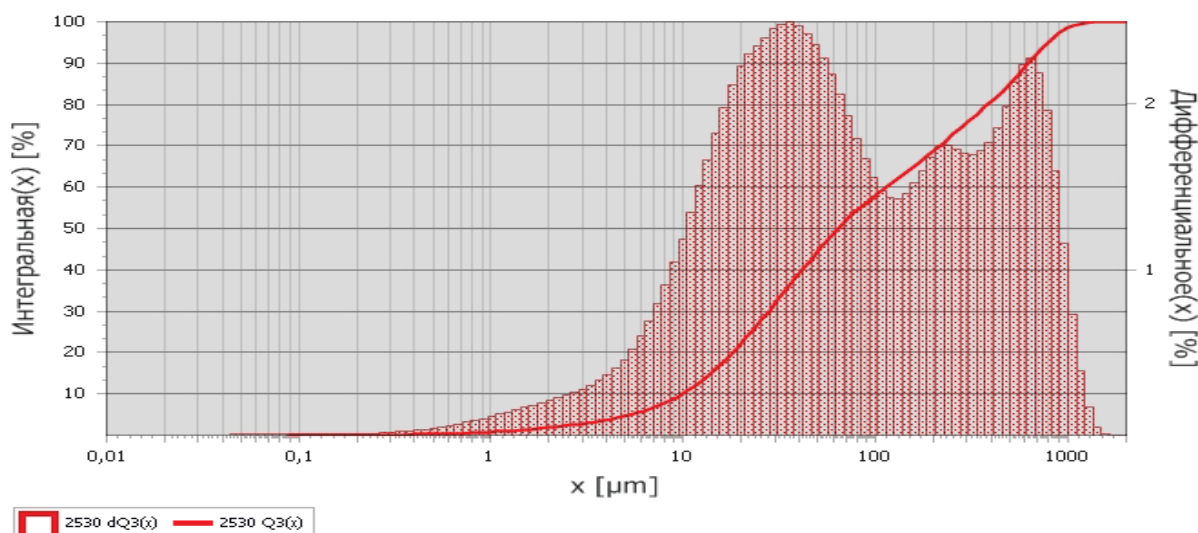


Рис.6. Волокна скопа. Распределение частиц

По результатам исследований можно отметить, что средний размер частиц в скопе примерно в 1,5 раз меньше, чем в макулатурной массе. Наибольшее отличие отмечается в частицах размером менее 10 мкм, в макулатурной массе таких частиц примерно в 2 раза меньше, чем в скопе.

В то же время частиц с размером более 200 мкм в макулатурной массе и в скопе уже практически одинаковая доля. В скопе содержится более 40 % частиц со средним размером более 100 мкм, которые по размеру и составу соответствуют средним и крупным частицам макулатурной массы и могли бы быть с пользой возвращены в бумагоделательный процесс.

Поскольку скоп содержит в своем составе в основном макулатурное волокно, целесообразной является разработка способов использования его ресурсного потенциала.

Дальнейшие лабораторные испытания заключались в исследовании возможности применения скопа в композиции картона. Для этого в макулатурную массу дозировали скоп в разном процентном соотношении. Влияние скопа на качество макулатурной массы оценивалось по следующим критериям: прочностные показатели, способность массы к водоотдаче на сетке, степень удержания волокна на сетке.

Результаты лабораторных испытаний представлены в табл.1. Как видно из представленных данных, дозирование скопа в количестве 10 % в композицию картонного полотна допустимо.

При этом основные параметры массы остаются на прежнем уровне, способность массы к водоотдаче и удержанию волокна на сетке не ухудшается, степень помола увеличивается не значительно.

При дальнейшем увеличении доли скопа в композиции массы приводит к снижению прочностных показателей, ухудшению внешнего вида отливки и водоотдачи.

Таблица 1

Испытания макулатурной массы на физико-механические показатели

№	Композиция бумажной массы	Степень помола, °ШР	Опт. плотность фильтрата	Скорость водоотдачи (700 мл), сек	Механические показатели (отл.100 г/м <sup>2</sup> )		
					Сопр. прод., кПа	Излом, чдп	Разр. длина, м
1	2	3	4	7	8	9	10
1	макул масса 100 %	31	0,081	37,2	264	40	4190
2	макул масса 90 % + скоп 10%	34	0,082	44,3	253	45	4390
3	макул масса 80 % + скоп 20%	39	0,086	50,5	235	40	4430
4	макул масса 70 % + скоп 30%	50	0,097	85,2	238	40	4460
5	макул масса 60 % + скоп 40%	55	0,107	97,1	202	32	4350
6	макул масса 50 % + скоп 50%	59	0,114	135,1	215	11	3960

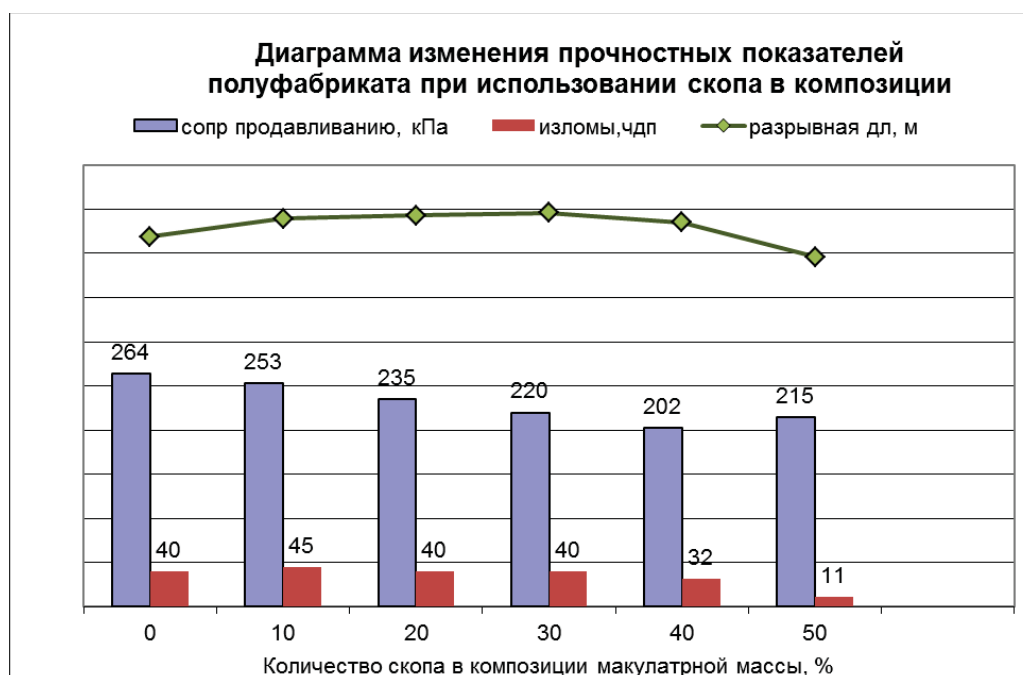


Рис.7. Прочностные показатели макулатурной массы

На основании проведенных исследований установлено, что структура волокон скопа и составляющих элементов схожа с макулатурным волокном. Так же установлено, что скоп содержит более 40 % частиц со средним размером более 100 мкм, которые по размеру и составу соответствуют средним и крупным частицам макулатурной массы. Исследована возможность применения скопа в композиции картона. Таким образом, появляется возможность заменить часть дорогостоящего макулатурного волокна скопом.

### Список литературы

1. Заморуев, Б. М. Использование воды в целлюлозно-бумажном производстве / Б.М. Заморуев. - Москва: Высшая школа, 2002. - 216 с.
2. Технологический регламент №21-9 Биологической очистки промстоков ПЦБК.
3. Технология целлюлозно-бумажного производства. В 3 т. Т. I. Сырье и производство полуфабрикатов. Ч. 3. Производство полуфабрикатов. – СПб.: Политехника, 2004. – 316 с.
4. Рабочая инструкция к лазерному анализатору размера частиц «Analysette 22».